

선박 근접상황에 대한 VTSO의 상황 인식 분석에 관한 연구

이진석* · † 송재욱

*부산항 해상교통관제센터, † 한국해양대학교 항해학부

The Situation Awareness Analysis of VTSOs in the Close Quarters Situation

Jin-Suk Lee* · † Chae-Uk Song

*Busan Vessel Traffic Service Center, Busan 49111, Korea

† Division of Navigation, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 본 연구는 VTS 시스템을 통해 선박 통항 상황을 모니터링 중 선박 간에 발생할 수 있는 충돌 위험 상황에 대한 해상교통관제사(Vessel Traffic Service Operator: 이하 VTSO)의 상황 인식에 따른 위험 태도를 분석하고자 실시되었다. 양 선박이 서로 근접하고 있는 상황에서 VTSO들의 주관적 관점에서의 위험 정도를 설문조사를 통하여 파악하고 이를 선박 충돌 위험도 평가모델(이하 CoRi)에 의한 계산 값과 비교함으로써, 근접상황에 대한 각 VTSO의 위험 태도를 분석하였다. 그 결과, VTSO 전체의 40% 이상이 약한 위험 회피형임을 확인할 수 있었고, VTSO의 위험 태도가 성별, 연령, 근무경력, 센터직책, 사고경험, 승선경력에 따라 차이가 있는지 분석한 결과, 근무경력, 센터직책, 사고경험에 대해 유의한 차이를 확인할 수 있었다. 또한, 유의한 차이가 확인된 요인으로 VTSO의 위험 태도를 설명할 수 있는 회귀모형을 도출하였고, 이를 CoRi에 적용함으로써 VTSO 개인에 따른 충돌 위험도를 예측하여 더욱 정확하고 안전한 VTS 서비스를 제공하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

핵심용어 : VTSO, 위험 태도, 상황 인식, 근접상황, CoRi

Abstract : This study was carried out to analyze the risk attitude based on situation awareness of the Vessel Traffic Service Operator (VTSO) on the risk of collision between vessels during the monitoring of vessel traffic through the use of the VTS system. In general, when two vessels are in the close quarters situation, we analyzed the degree of risk of collision from the subjective viewpoint of the VTSOs through an administered survey. Chiefly, we analyzed the risk attitudes of each VTSO in the close quarters situation, by comparing it with the calculated value by the CoRi, which is the ship collision risk model from the VTSO's viewpoint. As a result, it was confirmed that more than 40% of the total VTSO was noted as being in a weak risk aversion type of category. Through a review of the results of analyzing the risk attitude of VTSO according to gender, age, VTS career, VTS center position, accident experience, and boarded career, it was found that there was a significant difference in the VTS career, VTS center position and accident experience. In addition, a regression model that is able to further explain the risk attitude of VTSO was derived as a factor that confirmed the significant difference and applied to CoRi to predict the collision risk according to the individual VTSO to be used as a fundamental information gathering tool for providing more accurate and safe VTS service at sea.

Key words : VTSO, Risk Attitude, Situation Awareness, Close Quarters Situation, CoRi

1. 서 론

해양안전심판원의 최근 5년간 발생한 사고종류별 해양사고 원인현황을 보면 전체 1,443건의 사고 중 충돌사고는 889건(61.6%) 발생하였고, 이 중 사고 원인별로 경계 소홀이 699건(78.6%), 항행법규 위반이 108건(12.1%)으로 발생한 충돌사고의 대부분을 차지하였다(KMST, 2016).

이러한 충돌 사고 위험을 감소시키고 선박 통항의 안전과 효율성 증진을 위하여 국제해사기구(International Maritime Organization, 이하 IMO)에서는 각국의 주관청으로 하여금 해상교통이 야기할 수 있는 유해한 영향으로부터 연안해상설비와 해상작업위치, 근접해안지역, 해양환경의 보호, 항해의 효

율성과 안전, 인명의 보호를 위해 필요한 지역에 해상교통관제(Vessel Traffic Service, 이하 VTS)를 설치·운영하도록 하고 있다(IMO, 1997).

우리나라는 1993년 포항항에 VTS 시스템을 최초로 도입한 이후, 현재 항만 및 연안 수역에 18개소의 VTS 센터를 설치·운영하고 있으며, 항만운영정보 및 항행안전정보 제공 외에 항로이탈, 위험구역접근, 선박충돌 등의 위험여부를 관찰하고 해양사고 예방과 관련된 정보 제공·조언 및 지시 업무를 수행하고 있다(VTS, 2017).

선박충돌회피는 선박 조종성능 특성과 선박 운항자의 의도에 따라 달라질 수 있으며, 경계 소홀 등으로 상대 선박을 근접 초인한 상황에서는 서로의 의도를 판단하기 위한 여유시간

† Corresponding author : 종신회원, songcu@kmou.ac.kr 051)410-4272

* 종신회원, jslee118@gmail.com 051)664-2750

상실을 유발할 뿐 아니라 조종성능 특성에 대한 지식 및 경험 부족으로 결국 부적절한 충돌회피 조건의 원인이 된다(Yang et al., 2005). 이처럼 선박 운항자는 선박 근접상황이 되기 전에 충돌 위험 여부를 판단하여 그에 따른 변침, 감속 등 적절한 조치를 취하는 것이 일반적이지만, 선박 근접상황이 예상됨에도 선박에서 적절한 조치가 이루어지지 않을 때 VTSO(Vessel Traffic Service Operator, 이하 VTSO)는 발생할 수 있는 충돌 위험을 예측하여 관련 정보를 선박에게 제공하고 있다.

VTSO 직무와 관련된 연구로는 VTSO의 스트레스 수준을 분석하고 스트레스를 유발하는 직무 환경적 요인들을 규명한 연구(Kim et al., 2014)와 VTSO의 상황인식(Situation awareness, 이하 SA)과 관련된 세부 과제들의 수행 빈도를 조사하고 SA 역량에 대한 주관적 평가를 수집·분석한 연구(Lee et al., 2016)가 있었으나, 선박 간 근접상황이 전개되어 충돌위험이 예상될 때 VTSO 관점에서의 충돌 위험도를 예측하고 평가하기 위한 연구는 미비하였다.

따라서 VTSO 관점에서 충돌 위험도를 평가하기 위해 선박 조우 상황, 최근접점까지의 접근시간 및 선박 근접거리에 따라 위험지수(Risk Index, 이하 *RI*)를 계산하고, VTSO 개인에 따른 SA 차이를 구분하기 위하여 *RI*에 대해 VTSO의 위험 태도(Risk attitude)를 반영하여 최종적으로 선박 충돌 위험도를 구하는 평가 모델(이하 *CoRi*) 개발을 진행하였다(Lee et al., 2017).

선행연구에서는 VTSO 개인에 따라 충돌 위험을 판단하는데 차이가 있음을 확인하고 조사된 자료와 *CoRi*와의 상관관계를 비교하여 VTSO의 대략적인 위험 태도 성향과 분포 정도를 확인하였지만(Lee et al., 2017), VTSO의 개인특성에 따라 위험 태도에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 통계적인 분석과 이를 *CoRi*에 어떻게 적용하여 충돌 위험도를 구할지에 대한 구체적인 분석은 미흡하였다.

이에 본 연구에서는 설문조사 대상을 전국 VTS센터에 근무하는 VTSO로 확대해 시행하고 각 선박 근접상황별 VTSO의 주관적 충돌 위험도를 조사하기 위하여 *CoRi*에 의한 위험 태도별 충돌 위험도와 비교·분석함으로써 성별, 연령, 근무경력, 센터직책, 사고경험 등 VTSO의 개인적 특성이 위험 태도에 미치는 영향을 회귀 분석으로 추정하고자 한다. 또한, 이를 통해 VTSO의 개인적 특성에 따른 충돌 위험도(*CoRi*)를 예측함으로써 VTSO의 센터직책, 근무경력, 사고경험 등에 따라 가장 적절한 VTS 관제팀의 구성 및 효율적인 당직 및 근무시간 배치 등에 관한 기초 연구 자료로 활용하고자 한다.

2. VTSO의 SA에 따른 위험태도 조사방법

2.1 조사대상자

2017년 9월 18일부터 10월 13일 사이의 기간 동안 전국 15

개 VTS 센터 중 15개 VTS 센터에 근무하는 VTSO를 대상으로 설문을 실시하였고, 총 316명의 직원 중 센터장, 시설담당자, 전산담당자 및 휴직자를 제외한 관제업무를 수행하고 있는 VTSO 241명에게 설문을 배포하였다. 이 중 135명의 자료가 수집되어 응답 회신율은 56.0%였다.

각 VTS 센터별 자료 수집 비율은 부산항(95.6%), 신항(82.3%)순으로 가장 높은 수준으로 자료가 수집되었고, 대부분의 VTS 센터에서는 50~65%의 자료가 수집된 반면 여수항(37.5%), 목포항(30.7%)은 40% 미만의 수준으로 자료가 수집되었다. 조사대상자 중 남자는 123명(91.1%), 여자는 12명(8.9)이었고, 연령별로는 30대가 86명(63.7%)으로 가장 많았고, 40대가 19명(14.1%), 50대 이상이 18명(13.3%), 그리고 20대가 12명(8.9%) 순이었다.

VTS 근무경력별로는 3년 이상~6년 미만인 81명(60.0%)으로 가장 많았고, 3년 미만이 32명(23.7%), 6년 이상~9년 미만이 15명(11.1%), 그리고 9년 이상이 7명(5.1%)이었다. 센터 직책별로는 팀장이 20명(14.8%), 관제팀원이 104명(77%) 그리고 VTS 업무 중인 서무·시설담당이 11명(8.1%)이었다.

2.2 조사방법

선박 근접상황에 대한 VTSO의 SA에 따른 위험 태도를 조사하기 위하여 선박 근접상황을 Table 1과 같이 설정하고, *CoRi*로 각 선박 근접상황에 대해 계산된 위험 태도별 충돌 위험도를 설문에 함께 제시하였다.

Table 1은 설문조사 시에 제시한 14가지 선박 근접상황으로서, 두 선박이 Head-on, Crossing, Overtaking 상황에서 DCPA가 0.0마일 또는 0.25마일 일 때, 충돌 임박 10분 전부터 양 선박이 별다른 조치 없이 근접하는 상황을 의미한다.

선박의 속력은 10노트(Overtaking 상황에 한하여 피추월선의 속력은 5노트)이며, 선박 길이는 100m, 총톤수는 3,000~5,000톤, 선종은 일반화물선으로 동일한 조건이다.

*CoRi*는 VTSO 관점에서의 선박 충돌 위험도를 평가하는 모델로서, VTSO의 위험 정도 인지에 영향을 미치는 세 가지 요소(선박 조우 상황, 최근접점까지의 접근시간 및 선박 근접거리)를 이용하여 *RI*를 구하고 이를 VTSO의 위험 태도를 반영하여 최종적으로 선박 충돌 위험도를 식(1)과 같이 구한다(Lee et al., 2017).

$$CoRi(RI) = \frac{P_{max}}{1 - \exp(-\rho)} [1 - \exp(-\rho \frac{RI}{RI_{max}})] \quad (1)$$

RI_{max} : 위험지수 최대값

P_{max} : 충돌 위험도 최대값

ρ : 위험 태도($\rho < 0$: 회피, $\rho = 0$: 중립, $\rho > 0$: 감수)

RI : 위험지수

Table 1 Close quarters situation presented in the survey

Situation	Encounter	DCPA (mile)	End state	Situation	Encounter	DCPA (mile)	End state
S1	Head-on	0.00	Collision	S8	Crossing 090°	0.25	Crossing astern of GW
S2	Head-on	0.25	Pass P to P	S9	Crossing 090°	0.25	Crossing ahead of GW
S3	Head-on	0.25	Pass S to S	S10	Crossing 045°	0.00	Collision
S4	Crossing 045°	0.00	Collision	S11	Crossing 045°	0.25	Crossing astern of GW
S5	Crossing 045°	0.25	Crossing astern of GW	S12	Crossing 045°	0.25	Crossing ahead of GW
S6	Crossing 045°	0.25	Crossing ahead of GW	S13	Overtaking	0.25	Pass on stb'd
S7	Crossing 090°	0.00	Collision	S14	Overtaking	0.25	Pass on port

Note. P to P: port to port, S to S: starboard to starboard, GW: Give-way vessel

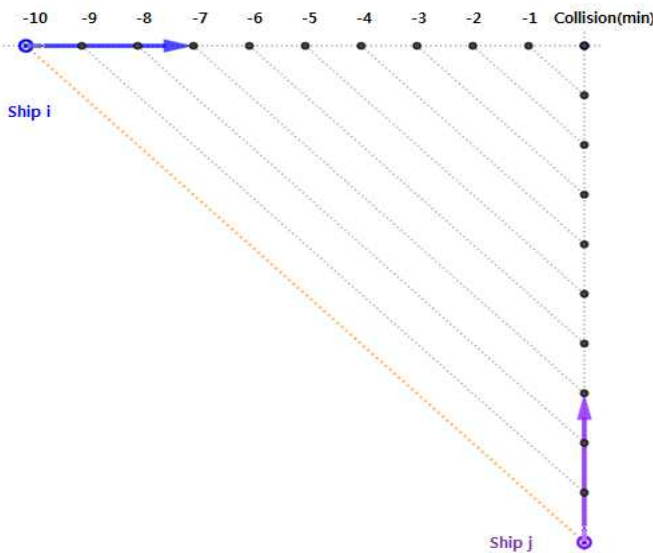


Fig. 1 Example of close quarters situation(S7)

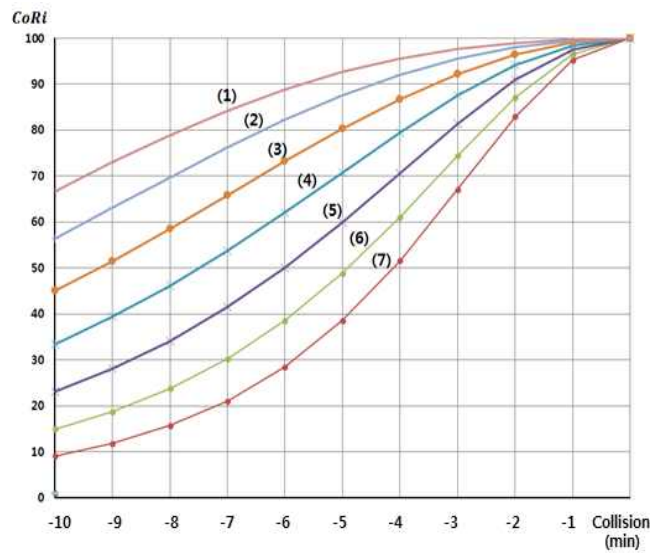


Fig. 2 *CoRi* associated with risk attitudes in S7

14가지 선박 근접상황에 대한 VTSO의 위험 태도를 파악하기 위하여, 설문조사 대상자에게 각 선박 근접상황별로 식 (1)의 위험 태도(ρ)값을 -3에서 3까지 총 7단계를 계산한 *CoRi*값을 그래프와 함께 제시하고, 본인의 주관적 위험 정도와 일치하는 결과를 선택하도록 하였다.

Fig. 1은 Table 1에 기술한 14가지 선박 근접상황 중 S7을 그림으로 표현한 것이며, Fig. 2는 Fig. 1과 같이 서로 근접하여 충돌하는 상황(S7)에 대한 응답자의 주관적 위험 정도를 파악하기 위하여 제시한 *CoRi*값 그래프를 예시한 것이다. 여기서 (1)은 강한 위험 회피형($\rho=-3$), (2)는 중간 위험 회피형($\rho=-2$), (3)은 약한 위험 회피형($\rho=-1$), (4)는 위험 중립형($\rho=0$)을 나타내며, (5)는 약한 위험 감수형($\rho=1$), (6)은 중간 위험 감수형($\rho=2$), (7)은 강한 위험 감수형($\rho=3$)을 나타낸다.

3. VTSO의 위험태도 분석결과

VTSO가 VTS 시스템을 통하여 선박 통항을 모니터링 중 각 선박 근접상황(S1~S14)에 대해 어느 정도로 위험하다고 판단하고 있는지를 *CoRi*로 구한 위험 태도(ρ)로 세 가지 측

면에서 분석하였다.

먼저, VTSO의 개인 특성과 위험 태도에 대한 교차분석을 통해 항목별 어떠한 분포를 보이는지 살펴보았다. 둘째, VTSO의 성별, 연령, 근무경력, 센터직책, 사고경험에 따라 각 상황별 위험 태도가 어떠한 차별성을 갖는지 살펴보았다. 이를 통해 VTSO의 위험 태도에 영향을 미치는 요인은 무엇인지 비교해 볼 수 있었다.

모든 선박 근접 상황에 대한 전체 신뢰도(Cronbach's α)는 .972이었고, 하위요인인 Head-on 상황의 신뢰도는 .845, Crossing 상황의 신뢰도는 .961, Overtaking 상황의 신뢰도는 .994였으며, DCPA 0.0마일인 상황의 신뢰도는 .987, DCPA 0.25마일인 상황의 신뢰도는 .969였다.

VTSO의 개인 특성에 따른 위험 태도를 분석한 결과는 Table 2와 같으며, 약한 위험 회피형이 전체의 40%(54명)로 가장 많았고, 중간 위험 회피형과 위험 중립형이 각각 20%(27명)를 차지하였다.

VTSO의 위험 태도를 성별로 살펴보면 남성의 39.8%(49명), 여성의 41.6%(5명)가 약한 위험 회피형으로 가장 많았다. 연령별로는 40대에서 중간 위험 회피형이 42.1%(8명)로 가장 많았고, 20대, 30대, 50대 이상에서는 각각 33.3%(4명),

Table 2 Risk attitude analysis results of VTSO

VTSO's Risk Attitude (ρ)			-3	-2	-1	0	1	2	3
Factor	Detailed factors	No. (%)	10 (7.4)	27 (20.0)	54 (40.0)	27 (20.0)	11 (8.1)	5 (3.7)	1 (0.7)
		No.							
Gender	Male	123	10	24	49	23	11	5	1
	Female	12	-	3	5	4	-	-	-
Age	<30 old	12	1	4	4	1	2	-	-
	30~40	86	9	11	36	19	7	3	1
	40~50	19	-	8	5	2	2	2	-
	50 old ≤	18	-	4	9	5	-	-	-
VTS career	<3 years	32	4	8	11	5	4	-	-
	3~6	81	5	17	35	13	7	3	1
	6~9	15	1	2	6	4	-	2	-
	9 years ≤	7	-	-	2	5	-	-	-
VTS position	Supervisor	20	-	9	7	4	-	-	-
	Operator etc	104	9	14	42	22	11	5	1
		11	1	4	5	1	-	-	-
Boarded career	<3 years	66	6	12	22	14	9	3	-
	3~6	34	3	8	14	5	1	2	1
	6~9	18	1	3	10	3	1	-	-
	9 years ≤	17	-	4	8	5	-	-	-
Boarded last position	C/O ≤	27	2	2	13	5	3	2	-
	2/O	65	5	16	24	11	7	1	1
	3/O	9	1	3	4	1	-	-	-
	R/O	19	1	2	9	6	1	-	-
	etc	15	1	4	4	4	-	2	-

Table 3 Risk attitude due to VTSO's position

Situation	Supervisor (N=20)	Operator (N=104)	etc (N=14)	F	Sig.
	M(SD)	M(SD)	M(SD)		
S1	-1.25(-0.78)	-0.65(-1.53)	-1.82(-1.07)	4.357	.032*
S2	-0.80(-1.00)	-0.47(-1.43)	-0.45(-1.75)	.470	.626
S3	-0.85(-1.13)	-0.68(-1.47)	-0.55(-1.80)	.174	.841
S4	-1.25(-0.78)	-0.71(-1.51)	-1.82(-1.07)	3.921	.022*
S5	-0.95(-0.94)	-0.60(-1.34)	-0.82(-1.53)	.695	.501
S6	-0.90(-0.96)	-0.71(-1.37)	-0.91(-1.70)	.239	.787
S7	-1.30(-0.73)	-0.74(-1.53)	-2.00(-1.44)	4.020	.020*
S8	-1.10(-0.78)	-0.55(-1.36)	-1.27(-0.64)	2.920	.057
S9	-0.95(-0.75)	-0.65(-1.39)	-1.45(-0.82)	2.187	.116
S10	-1.30(-0.73)	-0.66(-1.54)	-1.82(-1.07)	4.443	.014*
S11	-1.40(-0.82)	-0.80(-1.26)	-1.36(-0.67)	3.006	.053
S12	-1.35(-0.81)	-0.85(-1.30)	-1.45(-0.68)	2.419	.093
S13	-1.35(-0.81)	-0.71(-1.28)	-1.27(-0.90)	3.111	.048*
S14	-1.30(-0.80)	-0.75(-1.29)	-1.27(-0.90)	2.400	.095

*<0.05

Table 4 Risk attitude due to Accident experience

Situation	Experienced (N=40)	Inexperienced (N=95)	F	Sig.
	M(SD)	M(SD)		
S1	-1.35(-1.07)	-0.62(-1.53)	7.438	.007*
S2	-1.00(-1.17)	-0.32(-1.44)	6.996	.009*
S3	-1.05(-1.19)	-0.55(-1.52)	3.434	.066
S4	-1.35(-1.07)	-0.68(-1.51)	6.343	.013*
S5	-0.95(-1.19)	-0.55(-1.30)	2.716	.103
S6	-1.02(-1.23)	-0.64(-1.38)	2.298	.132
S7	-1.42(-1.01)	-0.72(-1.55)	7.411	.007*
S8	-1.02(-1.14)	-0.55(-1.30)	4.057	.046*
S9	-1.07(-1.18)	-0.63(-1.32)	3.363	.069
S10	-1.30(-1.15)	-0.66(-1.53)	5.549	.020*
S11	-1.27(-1.17)	-0.79(-1.17)	4.802	.030*
S12	-1.38(-1.19)	-0.80(-1.19)	6.495	.012*
S13	-1.40(-0.98)	-0.62(-1.23)	12.48	.001*
S14	-1.42(-0.95)	-0.64(-1.24)	12.63	.001*

*<0.05

41.8%(36명), 50%(9명)로 약한 위험 회피형이 많았다.

근무경력별로 살펴보면 3년 미만, 3년~6년 미만, 6년~9년 미만에서 각각 34.3%(11명), 43.2%(35명), 40.0%(6명)로 약한 위험 회피형이 많았고, 9년 이상에서는 71.4%(5명)가 위험 중립형이었다. 센터직책별로는 관제팀장의 45%(9명)가 중간 위험 회피형이었고, 관제팀원과 행정(시설)담당은 각각 40.3%(42명), 45.4%(5명)로 약한 위험 회피형이 많았다.

2016년 6월 20일부터 7월 15일에 실시한 VTSO 70명의 위험 태도를 분석한 결과, 위험 중립형이 전체의 27.1%, 강한 위험 감수형이 17.1%, 약간 위험 감수형이 15.7%로 대부분의 VTSO가 위험 감수형으로 나타났으나(Lee, 2017), 이번 조사에서는 대부분의 VTSO가 위험 회피형으로 나타났다.

이러한 결과로 볼 때, 관제구역 내에서의 지속적인 충돌사고 발생으로 사고에 대한 VTSO의 위험 태도가 변화한 것으로 판단된다. 또한 *CoRi*와 *ESs*를 부산항 관제구역에서 발생한 충돌사고 및 준사고 사례에 적용하여 비교한 결과, 적정한 위험 태도로 중립 또는 위험 회피형으로 관제업무에 임할 필요성을 제안한 것(Lee et al., 2017)과 비슷한 수준임을 확인할 수 있다.

VTSO의 위험 태도가 성별, 연령, 근무경력, 센터직책, 사고 경험, 승선경력에 따라 차이가 있는지 분석한 결과, 성별, 연령, 승선경력에서는 유의한 차이가 확인되지 않았으며, VTSO의 센터직책, 근무경력에서 일부 확인되었으며 관제근무 중 사고경험에서는 대부분 유의한 차이가 확인되었다.

Table 3은 센터 내 VTSO의 직책을 관제팀장, 관제팀원, 행정(시설)담당으로 구분하고 선박 근접 상황별 평균을 나타낸 것으로, S1($F=4.35, p<.015$), S4($F=3.92, p<.022$), S7($F=4.80, p<.010$), S10($F=4.44, p<.014$), S13($F=3.11, p<.048$)에서 유의한 차이를 확인할 수 있었다. 사후 검정(Bonferroni)에서는 관제팀장과 관제팀원, 관제팀장과 행정담당 사이에는 유의한 차이가 관찰되지 않았으나, 관제팀원과 행정담당 사이에서 S1(평균차이=1.16, $p<.032$), S4(평균차이=1.11, $p<.042$), S7(평균차이=1.26, $p<.017$), S10(평균차이=1.15, $p<.035$), 그리고 S13(평균차이=1.12, $p<.042$)에서 유의한 차이를 보였다. 이는 행정담당이 평상시 VTS 행정 업무를 담당하다가 VTSO 결원 발생 등 관제 지원이 필요할 경우 일시적으로 업무를 수행함에 따라 관제팀원보다 위험 회피 성향이 높게 나타나는 것으로 판단된다.

VTS 근무경력별로는 S1($F=3.824, p<.012$), S4($F=3.821, p<.012$), S7($F=5.319, p<.002$), S10($F=3.44, p<.011$)에서 유의한 차이를 보였다. 사후 검정(Bonferroni)에서는 3년 미만과 6년~9년 미만 사이에서 S1(평균차이=1.34, $p<.018$), S4(평균차이=1.30, $p<.020$), S7(평균차이=1.63, $p<.002$) 그리고 S10(평균차이=1.30, $p<.021$)에서 유의한 차이를 보였다.

그러나 VTSO의 센터직책과 근무경력에 DCPA가 0.0마일로 충돌 위험이 높은 선박 근접상황(S1, S4, S7, S10)에서 유의한 차이가 확인되었지만, DCPA가 0.25마일로 일정한 거리

를 두고 근접하는 상황에서는 유의하지 않았다.

사고 경험과 관련하여서는 Table 4와 같이, 대부분의 선박 근접상황에서 사고 경험이 있는 VTSO와 사고 경험이 없는 VTSO 사이에 유의한 차이가 관찰되었다. 특히, VTSO 개인의 전반적인 위험 태도를 종합하여 분석한 결과, 사고를 경험한 VTSO(Mean=-1.21, SD=1.00)가 사고 경험이 없는 VTSO(Mean=-.62, SD=1.16)에 비해 좀 더 위험 회피 성향을 보이는 것($F(1,133)=7.79, p<.006$)이 관찰되었다.

따라서 각 요인 중 유의한 차이가 확인된 VTSO의 센터직책, 근무경력 그리고 사고 경험을 독립변수로 하고, 선박 근접상황 중 DCPA가 0.0마일로 충돌 위험이 높은 선박 근접상황에 대한 VTSO의 전반적인 위험 태도 값을 종속변수로 한 회귀분석을 실시한 결과는 Table. 5와 같다.

Table 5 Regression analysis for VTSO's risk attitude(ρ)

	Standardised Coefficient		t-value	Sig.
	Non B	- β		
Constant	-.640		-1.914	.000
AE	-.782	-.248	-5.899	.000*
VP ₁	.661	.163	2.496	.013*
VP ₂	1.165	.340	5.433	.000*
VC ₁	-1.472	-.434	-5.173	.000*
VC ₂	-1.017	-.345	-3.722	.000*
VC ₃	-.349	-.076	-1.127	.260

$R=.819, R^2=.671, Adj R^2=.662, F=20.151, p=.000 (*<.05)$
 Note. AE:Accident Experience, VP:VTS Position, VC:VTS Career

충돌 위험이 높은 선박 근접상황에 대해 VTSO의 위험 태도에 대한 회귀모형의 결정계수 R^2 은 .671으로 유의미한 것으로 나타났다. 이는 독립변수인 센터직책, 근무경력 그리고 사고경험이 VTSO의 위험 태도에 대해 67.1% 설명한다고 할 수 있으며 VTSO의 위험 태도에 대한 회귀식은 식(2)와 같다.

$$\rho = -0.640 - 0.782AE + 0.661VP_1 + 1.165VP_2 - 1.472VC_1 - 1.017VC_2 - 0.349VC_3 \quad (2)$$

여기서, AE는 VTSO의 사고경험에 따른 0(없음)과 1(있음)의 값을 가지는 이분형 자료이며, VP₁과 VP₂는 VTS 센터직책을 팀장(1, 0), 팀원(0, 1), 행정담당(0, 0)에 따른 이분형 자료이다. VC₁, VC₂ 그리고 VC₃는 VTS 근무경력에 따라 3년 미만은 (1, 0, 0), 3년 이상 6년 미만은 (0, 1, 0), 6년 이상 9년 미만은 (0, 0, 1) 그리고 9년 이상은 (0, 0, 0)의 값을 가지는 이분형 자료이다.

예를 들면, 식(2)를 이용하여 사고 경험이 있는 근무경력 5년인 팀원(VTSO A)과 사고 경험이 없는 근무 경력 5년인 팀원(VTSO B), 그리고 사고 경험이 없는 근무 경력 10년인 팀원(VTSO C)의 위험 태도(ρ) 값을 구하면 각각 -1.729, -0.947, 0.525가 된다. 이를 식(1)에 적용하여 선박 근접상황 중 Fig. 1에 대한 충돌 위험도(CoRi)를 충돌 10분전부터 구하면 Fig. 3과 같다.

이를 통해 VTSO의 근무 경력, 센터직책 그리고 사고경험 등 개인특성에 따라 충돌 위험 상황에 대한 위험도 차이를 CoRi로 구할 수 있었다.

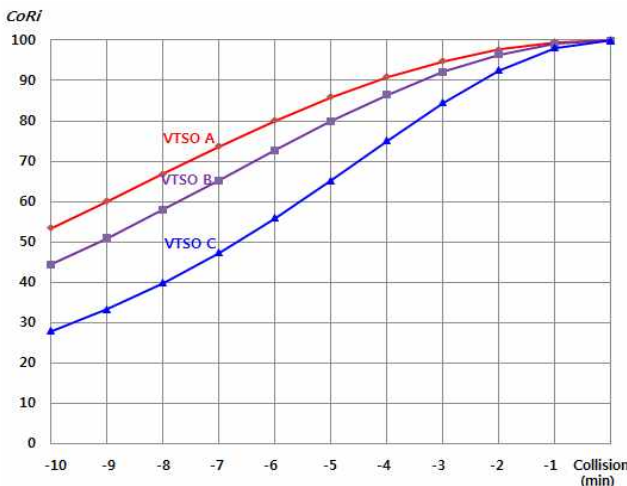


Fig. 3 CoRi associated with risk attitudes in S7

4. 결 론

본 연구에서는 VTSO가 VTS 시스템을 통해 선박을 모니터링 중 선박 간 잠재적 충돌 위험 상황이 있을 때 개인에 따라 상황 인식에 어떠한 차이가 있는지 확인하기 위하여 14가지 선박 근접상황에 대해 CoRi 모델로 구한 위험 태도(ρ)별 충돌 위험도를 7단계로 제시하고 VTSO가 느끼는 위험 정도와 가장 일치하는 결과를 선택하도록 하였다.

VTSO의 성별, 연령, VTS 경력, 센터직책, 사고경험, 승선 경력에 따른 영향 여부를 통계적으로 분석한 결과, 획득한 위험 태도가 각 선박 근접상황별로 신뢰성이 있음을 확인하였고 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 각 선박 근접상황(S1~S14)에 대해 VTSO의 위험 태도의 교차분석 결과 전체의 40%가 약한 위험 회피형($\rho=-1$)으로 가장 많았다. 이는 선행연구 조사(Lee, 2017)에서 VTSO의 32.8%가 위험 감수형($\rho>0$)으로 나타난 것과 비교되며, 최근 관제구역 내에서의 지속적인 충돌사고 발생으로 선박 충돌 위험에 대한 VTSO의 위험 태도가 변화한 것으로 보인다.

둘째, 각 선박 근접상황(S1~S14)에 대해 VTSO의 위험 태도가 성별, 연령, 근무경력, 센터직책, 사고경험, 승선 경력에 따라 차이가 있는지 분석한 결과, 근무경력 및 센터직책에서는 DCPA가 0.0마일로 충돌 위험이 높은 선박 근접상황에 대

해 유의한 차이가 확인되었으며, 관제 근무 중 사고경험에서는 대부분 상황에서 유의한 차이가 확인되었다.

유의한 차이가 확인된 요인으로 VTSO의 위험 태도를 설명할 수 있는 회귀모형을 도출하였고, 이를 활용하여 VTSO의 근무경력, 센터직책 그리고 사고경험에 따라 위험 태도(ρ)를 추정하고 그에 따른 VTSO의 특성에 따른 충돌 위험도(CoRi)를 구할 수 있었다.

향후, 선박 간 잠재적 충돌 위험 상황에 대한 VTSO의 위험 태도를 이용하여, 더욱 안전하고 정확한 VTS 서비스를 제공하기 위한 VTSO의 근무경력과 사고경험에 따라 가장 적절한 VTS 관제팀의 구성 및 효율적인 당직 및 근무시간 배치 등에 관한 추가 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] International Maritime Organization(1997), Guidelines for Vessel Traffic Services, Resolution A.857(20).
- [2] Kim, Y. S., Part, Y. S. and Jo, S. H.(2014), "A Study on Occupational Stress of the VTS Operators", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 38, No. 6, pp. 615-621.
- [3] Korean Maritime Safety Tribunal(2016), Statistics of Marine Accident for the Past 5 Years, Ministry of Oceans and Fisheries, South Korea.
- [4] Lee, J. S.(2017), "The Development of the Ship Collision Risk Model from the VTSO's Viewpoint" Korea Maritime and Ocean University, Doctoral thesis, pp. 109-138.
- [5] Lee, J. S. and Song, C. U.(2017), "A Study on the Degree of Collision Risk through analysing the Risk Attitude of Vessel Traffic Service Operators", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 41, No. 3, pp. 91-100.
- [6] Lee, J. S., Kim, J. H. and Jang, E. K.(2016), "Analysis of VTS Operators' Situational Awareness Based on In-Field Observation and Subjective Rating Methods", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 40, No. 6, pp. 375-384.
- [7] Vessel Traffic Service(2017), Guide to Vessel Traffic Service, Korea Coast Guard, South Korea.
- [8] Yang, H. S. and Yea, B. D.(2005), "Ship Collision Avoidance Support Model in Close Quarters Situation (II)", Journal of Korean Navigation and Port Research, Vol. 29, No. 10, pp. 827-832.

Received 16 January 2018

Revised 12 February 2018

Accepted 13 February 2018